

10/823650

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-243716

(43) 公開日 平成9年(1997)9月19日

(51) IntCl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 R 31/36

G 0 1 R 31/36

A

審査請求 未請求 請求項の数6 FD (全11頁)

(21) 出願番号 特願平8-80716

(22) 出願日 平成8年(1996)3月8日

特許法第30条第1項適用申請有り 1995年9月11日～9月12日 開催の「電気学会研究会・産業システム情報化研究会」において文書をもって発表

(71) 出願人 000106276

サンケン電気株式会社

埼玉県新座市北野3丁目6番3号

(72) 発明者 土手 康彦

北海道室蘭市水元町32-8

(72) 発明者 藤野 勇治

埼玉県新座市北野三丁目6番3号 サンケン電気株式会社内

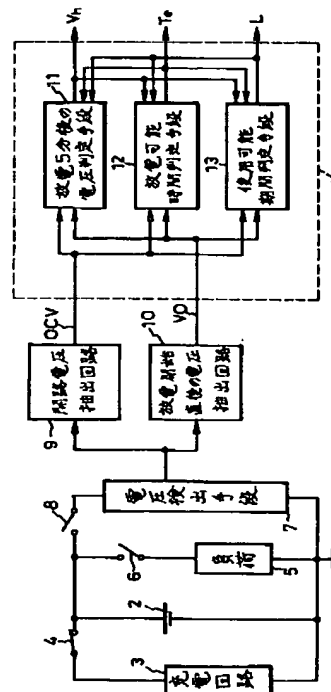
(74) 代理人 弁理士 高野 則次

(54) 【発明の名称】 二次電池の状態判定方法

(57) 【要約】

【課題】 二次電池の寿命及び使用可能な容量を迅速且つ正確に判定する方法を提供する。

【解決手段】 学習用二次電池の開路電圧OCVと放電開始直後の電圧VOとを複数の使用経過時点で測定し、且つ二次電池の5分間放電後の電圧Vh及び容量Teを実測する。また学習用二次電池の寿命Lを求め、計算によって各使用経過時点における残りの寿命Lを求める。ニューラルネットワーク1にOCV、VO、Vh、Te、Lを与えてこのニューラルネットワーク1を学習させる。学習済のニューラルネットワーク1に被判定二次電池のOCV、VOを入力させてVh、Te、Lを判定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 二次電池の残りの容量、寿命及び放電開始から所定時間後の電圧の内の少なくとも1つの電池状態を判定する方法であって、

前記判定を行うための被判定二次電池と実質的に同一構成の学習用二次電池の使用開始以後の複数の経過時点における開路電圧(OCV)及び放電開始直後の電圧(V_O)と前記電池状態との関係を示す情報を予め格納するメモリ手段と、前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)及び放電開始直後の電圧(V_O)を示すデータと前記メモリ手段の前記情報とを使用して前記電池状態を予測する手段とを用意するステップと、
前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)と放電開始直後の電圧(V_O)とを測定するステップと、
測定によって得られた前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)及び放電開始直後の電圧(V_O)と前記メモリ手段の前記情報とを使用して前記予測する手段によって前記被判定二次電池の前記電池状態を判定するステップとを備えていることを特徴とする二次電池の状態判定方法。

【請求項2】 二次電池の残りの容量、寿命及び放電開始から所定時間後の電圧の内の少なくとも1つの電池状態を判定する方法であって、

前記判定を行うための被判定二次電池と実質的に同一構成の学習用二次電池の使用開始以後の複数の経過時点における開路電圧(OCV)、放電開始直後の電圧(V_O)、前記開路電圧(OCV)の前記学習用二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ OCV_O)、前記開路電圧(OCV)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(Δ OCV)、前記放電開始直後の電圧(V_O)の前記学習用二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ V_{OO})、及び前記放電開始直後の電圧(V_O)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(Δ VO)と電池状態との関係を示す情報を予め格納するメモリ手段と、前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)、放電開始直後の電圧(V_O)、前記開路電圧(OCV)の前記学習用二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ OCV_O)、前記開路電圧(OCV)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(Δ OCV)、前記放電開始直後の電圧(V_O)の前記学習用二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ V_{OO})、及び前記放電開始直後の電圧(V_O)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(Δ VO)のデータと前記メモリ手段の前記情報とを使用して前記電池状態を予測する手段とを用意するステップと、

前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)、放電開始直

2

後の電圧(V_O)、前記開路電圧(OCV)の前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ OCV_O)、前記開路電圧(OCV)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(Δ OCV)、前記放電開始直後の電圧(V_O)の前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ V_{OO})、及び前記放電開始直後の電圧(V_O)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(Δ VO)を測定するステップと、

測定によって得られた前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)、放電開始直後の電圧(V_O)、前記開路電圧(OCV)の前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ OCV_O)、前記開路電圧(OCV)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(Δ OCV)、前記放電開始直後の電圧(V_O)の前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ V_{OO})、及び前記放電開始直後の電圧(V_O)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(Δ VO)と前記メモリ手段の前記情報とを使用して前記予測する手段によって前記被判定二次電池の前記電池状態を判定するステップとを備えていることを特徴とする二次電池の状態判定方法。

【請求項3】 二次電池の残りの容量、寿命及び放電開始から所定時間後の電圧の内の少なくとも1つの電池状態を判定する方法であって、

前記判定を行うための被判定二次電池と実質的に同一構成の学習用二次電池の使用開始以後の複数の経過時点における開路電圧(OCV)、放電開始直後の電圧(V_O)、及び内部抵抗(R)と前記電池状態との関係を示す情報を予め格納するメモリ手段と、前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)、放電開始直後の電圧(V_O)及び内部抵抗(R)を示すデータと前記メモリ手段の前記情報とを使用して前記電池状態を予測する手段とを用意するステップと、

前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)と放電開始直後の電圧(V_O)と前記内部抵抗(R)とを測定するステップと、

測定によって得られた前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)、放電開始直後の電圧(V_O)及び内部抵抗(R)と前記メモリ手段の前記情報とを使用して前記予測する手段によって前記被判定二次電池の前記電池状態を判定するステップとを備えていることを特徴とする二次電池の状態判定方法。

【請求項4】 二次電池の残りの容量、寿命及び放電開始から所定時間後の電圧の内の少なくとも1つの電池状態を判定する方法であって、

前記判定を行うための被判定二次電池と実質的に同一構成の学習用二次電池の使用開始以後の複数の経過時点に

50

における開路電圧(OCV)、放電開始直後の電圧(V
O)、前記開路電圧(OCV)の前記学習用二次電池の
使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれ
ぞれの差分(ΔOCV)、前記開路電圧(OCV)の前
記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値と
の差分(ΔOCV)、前記放電開始直後の電圧(V
O)の前記学習用二次電池の使用開始時点の値と前記複数の
経過時点の値とのそれぞれの差分(ΔVOO)、及び前
記放電開始直後の電圧(VO)の前記複数の経過時点に
おける値とこの1つ前の時点の値との差分(ΔVO)、
内部抵抗(R)、前記内部抵抗(R)の前記学習用二次
電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値との
それぞれの差分(ΔRO)、及び前記内部抵抗(R)の
前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値
との差分(ΔR)と前記電池状態との関係を示す情報を
予め格納するメモリ手段と、前記被判定二次電池の開路
電圧(OCV)、放電開始直後の電圧(VO)、前記開
路電圧(OCV)の前記被判定二次電池の使用開始時点
の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(Δ
OCV)、前記開路電圧(OCV)の前記複数の経過
時点における値とこの1つ前の時点の値との差分(ΔO
CV)、前記放電開始直後の電圧(VO)の前記被判定
二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値
とのそれぞれの差分(ΔVOO)、及び前記放電開始直
後の電圧(VO)の前記複数の経過時点における値とこ
の1つ前の時点の値との差分(ΔVO)、内部抵抗
(R)、前記内部抵抗(R)の前記被判定二次電池の使
用開始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞ
れの差分(ΔRO)、及び前記内部抵抗(R)の前記複
数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差
分(ΔR)を示すデータと前記メモリ手段の前記情報とを
使用して前記電池状態を予測する手段とを用意するス
テップと、
前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)、放電開始直
後の電圧(VO)、前記開路電圧(OCV)の前記被判
定二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の
値とのそれぞれの差分(ΔOCV)、前記開路電圧
(OCV)の前記複数の経過時点における値とこの1つ
前の時点の値との差分(ΔOCV)、前記放電開始直後
の電圧(VO)の前記被判定二次電池の使用開始時点の
値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(ΔV
OO)、及び前記放電開始直後の電圧(VO)の前記複
数の経過時点における値とこの1つ前の時点の値との差
分(ΔVO)、内部抵抗(R)、前記内部抵抗(R)の
前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記複数の
経過時点の値とのそれぞれの差分(ΔRO)、及び前記内
部抵抗(R)の前記複数の経過時点における値とこの1
つ前の時点の値との差分(ΔR)を測定するステップ
と、
測定された前記被判定二次電池の開路電圧(OCV)、

放電開始直後の電圧(VO)、前記開路電圧(OCV)
の前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記複数の
経過時点の値とのそれぞれの差分(ΔOCV)、前記
開路電圧(OCV)の前記複数の経過時点における値と
この1つ前の時点の値との差分(ΔOCV)、前記放電
開始直後の電圧(VO)の前記被判定二次電池の使用開
始時点の値と前記複数の経過時点の値とのそれぞれの差
分(ΔVOO)、及び前記放電開始直後の電圧(VO)
の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の時点の
値との差分(ΔVO)、内部抵抗(R)、前記内部抵抗
(R)の前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記
複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(ΔRO)、及
び前記内部抵抗(R)の前記複数の経過時点における値
とこの1つ前の時点の値との差分(ΔR)と前記メモリ
手段の前記情報とを使用して前記予測する手段によって
前記被判定二次電池の前記電池状態を判定するステップ
とを備えていることを特徴とする二次電池の状態判定方
法。

【請求項5】 二次電池の残りの容量、寿命及び放電開
始から所定時間後の電圧の内の少なくとも1つの電池状
態を判定する方法であって、

前記判定を行うための被判定二次電池と実質的に同一構
成の学習用二次電池の使用開始以後の複数の経過時点に
おける内部抵抗(R)、前記内部抵抗(R)の前記学習
用二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の
値とのそれぞれの差分(ΔRO)、及び前記内部抵抗

(R)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の
時点の値との差分(ΔR)と前記電池状態との関係を示
す情報を予め格納するメモリ手段と、前記被判定二次電
池の内部抵抗(R)、前記内部抵抗(R)の前記被判定
二次電池の使用開始時点の値と前記複数の経過時点の値
とのそれぞれの差分(ΔRO)、及び前記内部抵抗

(R)の前記複数の経過時点における値とこの1つ前の
時点の値との差分(ΔR)を示すデータと前記メモリ手
段の前記情報とを使用して前記電池状態を予測する手段
とを用意するステップと、

前記被判定二次電池の内部抵抗(R)、前記内部抵抗
(R)の前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記
複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(ΔRO)、及
び前記内部抵抗(R)の前記複数の経過時点における値
とこの1つ前の時点の値との差分(ΔR)を測定するス
テップと、

前記被判定二次電池の内部抵抗(R)、前記内部抵抗
(R)の前記被判定二次電池の使用開始時点の値と前記
複数の経過時点の値とのそれぞれの差分(ΔRO)、及
び前記内部抵抗(R)の前記複数の経過時点における値
とこの1つ前の時点の値との差分(ΔR)と前記メモリ
手段の前記情報とを使用して前記予測する手段によって
前記被判定二次電池の前記電池状態を判定するステップ
とを備えていることを特徴とする二次電池の状態判定方

法。

【請求項6】 前記メモリ手段と前記予測する手段は、ニューラルネットワークであることを特徴とする請求項1又は2又は3又は4又は5記載の二次電池の状態判定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は無停電電源装置（以下、UPSと言う）に使用されている鉛蓄電池などの二次電池の容量、寿命等の電池状態を判定する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】UPSは、通常時は一般の電力系統を電源としている負荷に対し、電力系統の異常が生じた時に二次電池により電力を供給する装置である。そのため二次電池に異常があるとUPSの役割はまるで果たせなくなる。このことから二次電池の信頼性はUPS自体の信頼性に大きく関与している。従って、二次電池の容量及び寿命を判断することが必要になる。二次電池の容量、寿命は使用温度、使用期間、充電電圧、放電回数などの条件により大きく影響を受ける。そのため、二次電池の容量、寿命は一定ではなく使用中にそれらを判定することは難しい。

【0003】二次電池の容量、寿命判定方法として二次電池の寿命末期や不良発生時に高くなる内部抵抗を用いる方法が知られている。また、容量を判定するのに長時間にわたって二次電池の放電電圧を測定し、その測定結果に対応して表示を行う方法もある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】長期間の使用によって二次電池が古くなると新しい二次電池に比べ放電電圧が急速に下がる傾向がある。そのため単に放電電圧を測定し容量を判定していると誤差がでてくる。また、常に二次電池の状態を知るためにはそのたびに長時間の放電を行い電圧を測定しなければならない。このため二次電池の寿命を短くするという欠点がある。また、二次電池をバックアップ電源として使用している場合には、寿命判定時にバックアップ時間が短くなる。

【0005】従って、本発明の目的は、常に二次電池の状態を監視するために長時間の放電をせずに正確な容量又は寿命等の電池状態を判定する方法を提供し、二次電池の維持管理を適切に行えるようにすることにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための請求項1に従う本発明は、二次電池の残りの容量、寿命及び放電開始から所定時間後の電圧の内の少なくとも1つの電池状態を判定する方法であって、前記判定を行うための被判定二次電池と実質的に同一構成の学習用二次電池の使用開始以後の複数の経過時点における開路電圧OCV及び放電開始直後の電圧VOと前記電池状態との関係を示す情報を予め格納するメモリ手段と、前記被

判定二次電池の開路電圧OCV及び放電開始直後の電圧VOを示すデータと前記メモリ手段の前記情報とを使用して前記電池状態を予測する手段とを用意するステップと、前記被判定二次電池の開路電圧OCVと放電開始直後の電圧VOとを測定するステップと、測定によって得られた前記被判定二次電池の開路電圧OCV及び放電開始直後の電圧VOと前記メモリ手段の前記情報とを使用して前記予測する手段によって前記被判定二次電池の前記電池状態を判定するステップとを備えていることを特徴とする二次電池の状態判定方法に係るものである。なお、請求項2に示すように開路電圧OCVの使用開始時点からの差分 ΔOCV 、1つ前の時点の値との差分 ΔOCV 、放電開始直後の電圧VOの使用開始時点からの差分 ΔVO と1つ前の時点の値との差分 ΔVO を考慮して判定することが望ましい。また、請求項3、4及び5に示すように内部抵抗R、又は内部抵抗Rとこの内部抵抗Rの使用開始時点からの差分 ΔR と1つ前の時点の値との差分 ΔR を考慮して判定することができる。

【0007】請求項1～4の発明に従う二次電池の状態判定方法の原理を図1に基づいて説明する。図1には二次電池の放電曲線の経年変化が示されている。図1のAは新しい電池の放電曲線、Bは経年変化した後の二次電池の放電曲線、Cは更に大きく経年変化した後の二次電池の放電曲線を示す。なお、図1において t_0 は放電開始時点を示し、 T_b はUPSで要求されるバックアップ時間、 T_h はバックアップ時間 T_b の半分の時間である。本願においては t_0 で放電を開始して半分の時間 T_h が経過した時点 t_1 における電池電圧 V_h が放電終始電圧 V_e 以下になった時に電池の寿命が終ったと定義している。この実施例ではバックアップ時間 T_b が10分間であるので半分の時間 T_h は5分間である。

【0008】図1から明らかなように実線で示す新しい電池の放電曲線Aに従う放電開始時点 t_0 よりも前の開路電圧OCV1即ち放電回路が開放されている時の電池電圧は、鎖線及び点線で示す経年変化後の開路電圧OCV2及びOCV3よりも低い。他方、 t_0 で放電を開始した直後の電圧VOは、曲線Aで示す新しい電池の場合に最も高い値VO1となり、経年変化した電池の場合にはVO1よりも低い値VO2、VO3となる。本願の発明では、電池の開路電圧OCVと放電開始直後の電圧VOとの経年変化に着目して二次電池の放電可能時間（容量） T_e 、使用可能期間（寿命）L、及び放電開始から所定時間（例えば5分間）後の電圧 V_h の内の少なくとも1つを決定する。また、本願の請求項2及び4の発明では、放電曲線の放電開始後のカーブの変化に着目して放電可能時間 T_e 、使用可能期間L、及び放電開始から所定時間後の電圧 V_h を決定する。放電曲線の傾きは図1のA、B、Cの比較から明らかなように経年変化が大きくなるに従って急になる。また、請求項3、4、5で使用する内部抵抗Rは経年変化によって高くなる。そこ

で、本願では内部抵抗の変化を電池状態の判定に使用する。

【0009】ところで、同じ二次電池でも使われる環境や二次電池それぞれの性能の差によって経年変化が違ふ。こういったことにより近似式により二次電池の容量、寿命を正確に判定することは難しい。そこで、請求項6の発明においては、図1に示す放電曲線の経年変化の特徴をニューラルネットワーク (Neural Network) に学習させることによって電池状態の正確な判定が行われる。このニューラルネットワークの特徴は動物の脳の神経細胞をモデル化したものであり、アルゴリズムで表せないことを学習をすることによって写像することができることである。

【0010】ニューラルネットワークを用いた二次電池の状態判定を行う場合には、被判定二次電池と実質的に同一構成の学習用二次電池を用意し、一般に教師データと呼ばれるデータ (例えば容量 T_e 、寿命 L 、放電開始から所定時間後の電圧 V_h) をニューラルネットワークに与えると共に、開路電圧 (以下、単にOCVと呼ぶこともある)、放電開始直後の電圧 (以下、単にVOと呼ぶこともある)、二次電池の内部抵抗 (以下、単に R と呼ぶこともある)、放電5分後の放電電圧 (以下、単に V_h と呼ぶこともある)、OCVの最初に使用開始した時点の値と複数の経過時点の値とのそれぞれの差分 (以下、単に ΔOCV と呼ぶこともある)、OCVの1つ前の時点の値との差分 (以下、単に ΔOCV と呼ぶこともある)、放電開始直後の電圧VOの使用開始時点の値との差分 (以下、単に ΔVO と呼ぶこともある)、及びVOの1つ前の時点の値との差分 (以下、単に ΔVO と呼ぶこともある) の内から選択された複数のデータをニューラルネットワークに入力させる。ニューラルネットワークは与えられたデータに基づいて学習し、電池状態 (T_e 、 L 、 V_h) を予測するために必要な荷重 (ウェイト) を決定する。このウェイトはニューラルネットワークの入力データ (OCV、VO等) と電池状態 (T_e 、 L 、 V_h) との相互関係を示す情報を含んでいる。従って、被判定二次電池からOCV、VO等を測定してニューラルネットワークに入力させると、比較的高い精度で電池状態 (例えば T_e 、 L 、 V_h) を判定することができる。

【0011】

【発明の効果】各請求項の発明によれば、被判定二次電池を長時間放電して電池の状態 (寿命、残りの容量等) を判定することが不要であり、比較的短時間の放電で電池状態を判定することができる。従って、判定結果を短時間で得ることができる。また、二次電池をバックアップとして使用中である場合には二次電池の容量即ちバックアップ時間を無駄に消費しない。また、請求項2の発明のように ΔOCV 、 ΔOCV 、 ΔVO 、 ΔVO も考慮すると誤差の少ない判定即ち予測が可能になる。ま

た、請求項3及び4の発明のように R 又は R と ΔRO 、 ΔR を考慮すると、電池状態の更に精度の高い予測が可能になる。また、請求項5の発明のように、 R 、 ΔRO 、 ΔR によっても短時間に電池状態を予測することができる。

【0012】

【第一実施例】次に、図2～図4を参照して第一実施例の二次電池状態判定方法を説明する。第一実施例では図2に示すようにニューラルネットワーク1に鉛蓄電池から成る二次電池のOCVとVOとを入力させ、出力として V_h 、 T_e 、 L を得る。ニューラルネットワーク1はプログラムROM (リード・オンリー・メモリ) とRAM (ランダム・アクセス・メモリ) とCPU (中央処理装置) とを含み、学習によってRAMに蓄積されたデータとOCV、VOに基づいて V_h 、 T_e 、 L を予測手段としてのCPUとROMのプログラムで予測する。図3はニューラルネットワーク1の模式的回路網を示す。この実施例のニューラルネットワーク1は中間層が1層でユニットの数が5個とされたものであり、バックプロパゲーション (誤差逆伝播) 法に従うものである。

【0013】図4は二次電池の状態判定装置を原理的又は機能的に示すものであって、鉛蓄電池から成る二次電池2にはスイッチ4を介して充電回路3が接続されていると共にスイッチ6を介して負荷5が接続され、またスイッチ8を介して電圧検出手段7が接続されている。電圧検出手段7の出力ラインには開路電圧抽出回路9と放電開始直後の電圧抽出回路10が接続されている。開路電圧抽出回路9はスイッチ4及び6をオフ、スイッチ8をオンにした時にOCVを抽出して出力する。放電開始直後の電圧抽出回路10はスイッチ4をオフ、スイッチ6及び8の両方をオンにした時にVOを抽出して出力する。ニューラルネットワーク1は、等価的に放電5分後の電圧判定手段11、放電可能時間判定手段12、使用可能期間判定手段13を含み、 V_h 、 T_e 、 L を出力する。図4の等価回路から明らかなように、3つの判定手段11、12、13はOCV及びVOの入力ラインに結合されているのみでなく、相互にも結合されている。なお、ニューラルネットワーク1のウェイトを決めるための学習時には V_h 、 T_e 、 L を使用するが、被判定二次電池の放電開始5分後の電圧 V_h 、容量 T_e 及び寿命 L を予測する時には V_h 、 T_e 、 L を使用しないでOCV、VOのみに使用する。これは後述の別の実施例においても同様である。この様に複数の情報を考慮して予測すると、精度の高い予測結果を得ることができる。

【0014】ニューラルネットワーク1を使用して鉛蓄電池から成る被判定二次電池の V_h 、 T_e 、 L の予測する場合には、まず、ニューラルネットワーク1を学習させるために必要なデータを得る。この学習用データを得るために、図4の二次電池2を鉛蓄電池から成る学習用二次電池とする。学習用二次電池は被判定用二次電池

と実質的に同一構成で且つ実質的に同一の放電特性を有するものである。表1は学習用のデータを示す。表1及び後で説明する表2～表6において、NO. はサンプル番号であって、NO. 1とNO. 2は2個の二次電池のサンプルを示す。Mは経年変化を調べるための電池の使用期間を月(month)で示す。なお、経年変化は測定のための放電を除いてはスイッチ6をオフにして放電させない状態(無負荷状態)で調べられている。また、測定期間に*

表1

No.	M(month)	入力データ			実測値		
		OCV[V]	VO[V]	R[mΩ]	Vh[V]	Te(min)	L(month)
1	0	13.05	11.59	28.5	11.10	8.25	17.17
	3.70	13.06	11.35	34.5	10.75	7.70	13.50
	7.17	13.11	11.22	38.4	10.70	7.30	10.00
	10.27	13.09	11.02	45.5	10.30	6.10	6.90
	13.70	13.56	11.25	45.8	10.40	6.40	3.47
	16.90	13.71	11.02	55.4	10.05	5.15	0.27
	21.83	13.67	10.81	64.7	9.64	3.80	0
	25.30	13.66	10.71	72.6	9.52	3.20	0
2	0	13.07	11.59	28.7	11.10	8.80	16.70
	3.70	13.04	11.29	33.1	10.80	8.00	13.00
	7.17	13.10	11.29	39.6	10.70	7.50	9.50
	10.27	13.07	10.99	48.6	10.20	5.90	6.40
	13.70	13.54	11.32	47.3	10.34	6.00	2.97
	16.90	13.62	11.03	56.7	9.98	4.80	0
	21.83	13.60	10.81	65.5	9.64	3.60	0
	25.30	13.60	10.61	74.4	9.37	2.70	0

【0016】表1の学習用データは、新しい学習用二次電池を図4と同様に接続し、使用開始以後即ち使用開始時及びそれよりも後の複数の経過時点においてOCV、VO、Rを求め、また、使用開始時及び各経過時点においてVh、Teを実測することによって得る。即ち学習用データを得る時には、二次電池を実際に5分間放電させて電池電圧を測定し、これをVhとする。またTeを求める時は放電開始時点から電池電圧が放電終了電圧V_eになる時点までを計測する。Lは実測した寿命から経過時間を差し引くことによって計算で求めた。なお、Mの各値において1回の放電が終了したら再び満充電状態に戻し、スイッチ4のオンを保持して充電状態を保つ。

【0017】表1のデータが得られたら、ニューラルネットワーク1のCPUに対してオフラインでMで示す経過時点の順番で学習用データを与える。即ち、各経過時点において、ニューラルネットワーク1の教師データ(所望データ)としてVh、Te、Lを与え、また第一実施例の場合はOCV及びVOを入力データとして与える。なお、図4には使用期間Mを計測するための手段が示されていないが、この計測手段はニューラルネットワーク1に内蔵されている計数回路から成り、使用期間MのデータもCPUに与えられる。勿論、Mの計測手段をニューラルネットワーク1の外に設けることもできる。学習のためのデータをニューラルネットワーク1に与えると、入力データOCV、VOに基づいて教師データを※50

*はスイッチ4がオフにされるが、測定期間以外ではスイッチ4がオンに保たれる。OCVは開路電圧、VOは放電開始直後の電圧、Rは内部抵抗、Vhは放電開始5分後の電圧、Teは放電可能期間(容量)、Lは使用可能期間(寿命)を示す。

【0015】

【表1】

※得るために必要な荷重(ウェイト)を求めることができる。即ち、ニューラルネットワークの原理を極めて単純化して概略的に示すと、

$$W1 \times OCV + W2 \times VO = Vh$$

$$W3 \times OCV + W4 \times VO = Te$$

$$W5 \times OCV + W6 \times VO = L$$

であり、この関係式において、Vh、Te、L、OCV、VOが既知であれば、ウェイトW1～W6を決定することができる。学習においては各経過時点即ちMの種々の値でウェイトW1～W6を決定し、ROM又はRAMに蓄積する。

【0018】学習によってウェイトが決定されたら、被判定二次電池のVh、Te、Lの判定が可能になる。そこで、図4の二次電池2に被判定二次電池を接続し、表1のMと同一使用期間においてニューラルネットワーク1に被判定二次電池のOCV、VOを入力させる。このOCV、VOは学習時と同様に測定する。ニューラルネットワーク1は学習によって蓄積されているウェイトに基づいて被判定二次電池のVh、Te、Lの予測を行う。次の表2はVh、Te、Lの予測即ち判定結果を示す。なお、1回の判定終了毎に被判定二次電池を満充電状態に戻し、スイッチ4をオン状態に保ち、且つスイッチ6をオフ状態に保つ。既に説明したように被判定二次電池のVh、Te、Lを判定する時には、図5の3つの判定手段11、12、13においてVh、Te、Lの判

11

定出力を相互に関係付けない。

【0019】

【表2】

表2

No.	M[month]	第一実施例の判定結果		
		Vh[V]	Te[min]	L[month]
1	0	11.05	8.52	16.92
	3.70	10.84	7.90	13.11
	7.17	10.62	7.27	9.23
	10.27	10.27	6.08	6.65
	13.70	10.32	6.00	2.60
	16.90	10.00	5.02	0.24
	21.83	9.63	3.66	0.05
2	25.30	9.49	3.13	0.02
	0	11.04	8.45	16.76
	3.70	10.79	7.79	12.46
	7.17	10.71	7.53	10.46
	10.27	10.20	5.81	6.38
	13.70	10.37	6.16	3.34
	16.90	10.04	5.08	0.51
	21.83	9.62	3.60	0.07
	25.30	9.41	2.84	0.01

【0020】表1の実測値と表2の判定結果との対比から明らかなように、サンプルNO. 1及びNO. 2のいずれにおいても実測値に近似の判定結果を得ることができる。なお、判定結果の実測値に対する誤差は使用期間Mが大きい経過時点になるに従って小さくなる。

【0021】

【第二実施例】次に、図5を参照して第二実施例の二次電池の状態判定方法を説明する。但し、この第二実施例及び後述する第三～第五実施例において第一実施例及び各実施例の相互間において共通する事項の説明を省略し、相違点のみを述べる。

【0022】第二実施例はニューラルネットワーク1に与える入力データとして ΔOCV 、 ΔOCV 、 ΔVO 、 ΔVO が付加された点で第一実施例と相違し、その他は同一である。従って、図5の判定装置は開路電圧抽出回路9に接続された ΔOCV 形成回路9a及び ΔOCV 形成回路9bと、VO抽出回路10に接続された ΔVO 形成回路10a及び ΔVO 形成回路10bとを有し、これ等もニューラルネットワーク1に接続されている点で図4の判定装置と相違し、その他は同一である。

【0023】 ΔOCV 形成回路9aは、開路電圧OCVの使用開始時の値と任意時点との値との差分 ΔOCV を形成する。図1を参照すると、 ΔOCV は、 $OCV1 - OCV2$ 、又は $OCV1 - OCV3$ である。また、 ΔOCV 形成回路9bは、開路電圧OCVの1つ前の時点の値との差分 ΔOCV を形成する。図1を参照すると、 ΔOCV は、 $OCV1 - OCV2$ 又は $OCV2 - OCV3$ である。また、 ΔVO 形成回路10aは、放

12

電開始直後の電圧VOの使用開始時の値との差分 ΔVO を形成する。図1を参照すると、 ΔVO は $VO1 - VO2$ 又は $VO1 - VO3$ である。また、 ΔVO 形成回路10bは、放電開始直後の電圧VOの1つ前の時点の値との差分 ΔVO を形成する。図1を参照すると、 ΔVO は $VO1 - VO2$ 又は $VO2 - VO3$ である。

【0024】図5の判定装置を使用してVh、Te、Lを判定即ち予測する時には、第一実施例で説明したと同様な学習をニューラルネットワーク1に行わせる。第二実施例の場合には表1に示した入力データOCV、VO、Vh、Te、Lの他に、OCV、VOに基づいて形成された ΔOCV 、 ΔOCV 、 ΔVO 、 ΔVO もニューラルネットワーク1にオフラインで与える。これにより第一実施例と同様にニューラルネットワーク1におけるウェイトが決定される。次に、図5の二次電池2に被判定二次電池を接続し、表1及び表3に示す使用期間Mで示す時点でOCV、 ΔOCV 、 ΔOCV 、VO、 ΔVO 、 ΔVO を得て、これ等を学習済みのニューラルネットワーク1に入力する。これにより、ニューラルネットワーク1に蓄積されているウェイトに基づいてVh、Te、Lが判定される。次の表3はこの判定結果を示す。

【0025】

【表3】

表3

No.	M[month]	第二実施例の判定結果		
		Vh[V]	Te[min]	L[month]
1	0	11.07	8.56	16.97
	3.70	10.81	7.85	13.44
	7.17	10.66	7.33	10.10
	10.27	10.30	6.16	6.90
	13.70	10.41	6.40	3.46
	16.90	10.05	5.18	0.15
	21.83	9.68	3.81	0.06
2	25.30	9.51	3.19	0.03
	0	11.06	8.54	16.91
	3.70	10.79	7.83	13.00
	7.17	10.72	7.51	9.50
	10.27	10.21	5.92	6.43
	13.70	10.33	6.02	2.98
	16.90	9.98	4.82	0.21
	21.83	9.61	3.56	0.07
	25.30	9.40	2.82	0.02

【0026】表3と表1の実測値及び表2の第一実施例の判定値との比較から明らかなように、 ΔOCV 、 ΔOCV 、 ΔVO 、 ΔVO を追加して判定することによって判定誤差が第一実施例よりも小さくなる。

【0027】

【第三実施例】第三実施例の二次電池の状態判定方法は、ニューラルネットワーク1にOCV、VOの他に内部抵抗Rを示すデータを入力させる点で第一実施例と相違し、その他は同一である。図6に示す第三実施例の判

13

定装置は、図4と同一の回路の代りに内部抵抗測定回路20を有している。この内部抵抗測定回路20は二次電池2の各経過時点で内部抵抗Rを測定してニューラルネットワーク1に送る。なお、内部抵抗Rと使用期間Mとの相互関係が予め別の手段で判明している場合にはこのデータを使用することができる。

【0028】中間層が1相でユニット層が5個のニューラルネットワーク1の学習は学習用二次電池に基づくOCV、VO、R、Vh、Te、Lを与えて第一実施例と同様に行い、ニューラルネットワーク1のウェイトを決定し、メモリに蓄積する。被判定二次電池のVh、Te、Lを判定する時には、学習済のニューラルネットワーク1に各使用期間MごとにOCV、VO、Rを入力させる。これにより、Vh、Te、Lの判定にはOCV、VOのみならずRも使用される。OCV、VO、Rに対するウェイトは学習によって決定されているので、Vh、Te、Lを迅速に判定することができる。内部抵抗Rは二次電池の使用期間が長くなるに従って高くなり、使用期間及び寿命と相関を有するので、Rを考慮することによってVh、Te、Lの判定精度が高くなる。次の表4は第三実施例の結果を示す。

【0029】

【表4】

表4

No.	M[month]	第三実施例の判定結果			
		Vh[V]	Te[min]	L[month]	
1	0	11.06	8.58	16.90	
	3.70	10.85	7.94	13.46	
	7.17	10.66	7.38	10.01	
	10.27	10.34	6.30	7.01	
	13.70	10.40	6.32	3.42	
	16.90	10.05	5.17	0.33	
	21.83	9.67	3.79	0.06	
	25.30	9.49	3.13	0.03	
2	0	11.05	8.55	16.84	
	3.70	10.81	7.84	12.84	
	7.17	10.66	7.36	9.80	
	10.27	10.19	5.81	6.29	
	13.70	10.35	6.11	2.94	
	16.90	9.98	4.84	0.33	
	21.83	9.62	3.61	0.06	
	25.30	9.42	2.88	0.03	

【0030】

【第四実施例】図7は第四実施例の電池状態判定装置の一部を示す。図7の実施例ではニューラルネットワーク1に図5の実施例と同様にOCV、 Δ OCV、 Δ OCV、VO、 Δ VO、 Δ VOを入力させる他にR、 Δ RO、 Δ Rを入力させ、出力としてVh、Te、Lを得る。図7のOCV、 Δ OCV、 Δ OCV、VO、 Δ VO、 Δ VOは図5の回路と同様に形成する。内部抵抗Rは図6の内部抵抗測定回路20と同様な回路で得る。 Δ ROは内部抵抗Rの使用開始時の値と所定経過時点の

14

値との差分であり、 Δ Rは内部抵抗Rの1つ前の測定時点の値との差分である。 Δ RO、 Δ Rは内部抵抗測定回路20の出力に基づいて図8に示すように計算で決定する。

【0031】ニューラルネットワーク1を学習させる時には、表1と同様な各使用期間MにおけるOCV、 Δ OCV、 Δ OCV、VO、 Δ VO、 Δ VO、R、 Δ RO、 Δ Rのデータを求め、これ等と表1に示すVh、Te、Lをニューラルネットワーク1のCPUに与えてニューラルネットワーク1を学習させ、ウェイトを決定する。なお、図7のニューラルネットワーク1は中間層が1層でユニット数が8個である。被判定二次電池のVh、Te、Lを測定する時には、被判定二次電池のOCV、 Δ OCV、VO、 Δ VO、 Δ VO、R、 Δ RO、 Δ Rを求め、これ等を入力データとして学習済のニューラルネットワーク1に与える。Vh、Te、Lを決定するためのウェイトは既に決定されているので、Vh、Te、Lを迅速に得ることができる。この実施例ではニューラルネットワーク1に対して多くの入力データが与えられるので、より精度の高い判定が可能になる。次の表5は第四実施例の判定結果を示す。

【0032】

【表5】

表5

No.	M[month]	第四実施例の判定結果			
		Vh[V]	Te[min]	L[month]	
1	0	11.09	8.54	16.94	
	3.70	10.79	7.82	13.19	
	7.17	10.69	7.34	10.08	
	10.27	10.30	6.15	6.74	
	13.70	10.40	6.41	3.44	
	16.90	10.05	5.20	0.22	
	21.83	9.67	3.84	0.04	
	25.30	9.50	3.18	0.02	
2	0	11.09	8.54	16.92	
	3.70	10.78	7.89	13.22	
	7.17	10.71	7.48	9.51	
	10.27	10.21	5.92	6.44	
	13.70	10.34	6.01	2.97	
	16.90	9.98	4.78	0.25	
	21.83	9.63	3.58	0.06	
	25.30	9.42	2.86	0.03	

【0033】

【第五実施例】図8の電池状態判定装置は、二次電池の内部抵抗Rとその変化に基づいてVh、Te、Lを決定するように形成されている。このため、図8では図6と同様な内部抵抗検出回路20を有する。また、内部抵抗Rに基づくVh、Te、Lの判定精度を高めるために Δ RO形成回路20a及び Δ R形成回路20bが設けられている。 Δ RO形成回路20aは内部抵抗検出回路20に接続され、Rに基づいて Δ ROを計算する。 Δ ROは表1及び表6に示す二次電池の使用期間Mの各経過時点

における内部抵抗の値と使用開始時点 ($M=0$) の内部抵抗の値との差分を示し、 ΔR は内部抵抗の各経過時点における値と1つ前の時点の値との差分を示す。例えば、図1の曲線A、B、Cの特性を有する二次電池の内部抵抗を R_1 、 R_2 、 R_3 とすれば、 ΔR_0 は $R_1 - R_2$ 及び $R_1 - R_3$ であり、 ΔR は $R_1 - R_2$ 及び $R_2 - R_3$ である。なお、図8のニューラルネットワーク1は中間層が1層でユニット数が5個とされたものである。

【0034】図8の判定装置において V_h 、 T_e 、 L を判定する時には、まず、学習用二次電池の使用期間 M における内部抵抗 R を表1に示すように求め、これから計算によって ΔR_0 、 ΔR を求める。次に、学習用二次電池の R 、 ΔR_0 、 ΔR 及び表1の V_h 、 T_e 、 L の実測値をニューラルネットワーク1に与え、ニューラルネットワーク1を学習させることによってウェイトを決定する。被判定用二次電池の V_h 、 T_e 、 L を判定する時には図8の二次電池2を被判定用二次電池とし、複数の使用期間 M のそれぞれにおいて内部抵抗 R を測定し、且つ ΔR_0 、 ΔR をニューラルネットワーク1に入力させる。ニューラルネットワーク1は学習で決定されたウェイトを利用して V_h 、 T_e 、 L を判定する。次の表6は第五実施例の判定結果を示す。

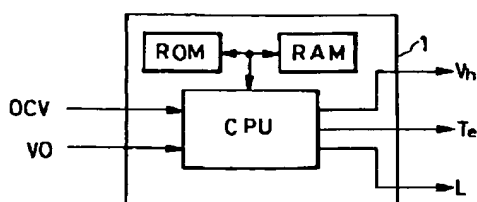
【0035】

【表6】

表6

No.	M[month]	第五実施例の判定結果		
		V_h [V]	T_e [min]	L [month]
1	0	11.09	8.53	16.81
	3.70	10.81	7.88	13.46
	7.17	10.73	7.53	10.14
	10.27	10.32	6.26	7.21
	13.70	10.41	6.35	3.61
	16.90	10.03	5.08	0.55
	21.83	9.67	3.79	0
	25.30	9.46	2.99	0
2	0	11.09	8.53	16.79
	3.70	10.77	7.80	13.17
	7.17	10.64	7.34	9.42
	10.27	10.23	5.88	6.18
	13.70	10.35	6.05	2.88
	16.90	9.98	4.89	0.26
	21.83	9.62	3.61	0
	25.30	9.45	2.98	0

【図2】



【0036】

【変形例】本発明は上述の実施例に限定されるものでなく、例えば次の変形が可能なものである。

(1) 図1に示すような放電曲線A、B、Cと同様な放電曲線を経年変化に応じて多数作り、OCV及びVOと寿命 L 及び容量 T_e の相互関係を示す表を作り、これをメモリに蓄積し、被判定二次電池のOCVとVOが検出されたらメモリの表に基づいてOCV、VOに対応する L 又は T_e を読み出して L 、 T_e を判定するように構成することができる。この場合もOCVとVOを判定に利用するので、被判定二次電池を長時間放電させないで L 、 T_e を判定できる。

(2) ニューラルネットワーク1の T_e 、 L の出力ラインに警報手段を接続し、 T_e 、 L が所定値になったら警報を発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】二次電池の放電特性を示す図である。

【図2】本発明の第一実施例のニューラルネットワークを示すブロック図である。

【図3】図2のニューラルネットワークの模式図である。

【図4】第一実施例の電池状態判定装置を示すブロック図である。

【図5】第二実施例の電池状態判定装置を示すブロック図である。

【図6】第三実施例の電池状態判定装置を示すブロック図である。

【図7】第四実施例のニューラルネットワークを示すブロック図である。

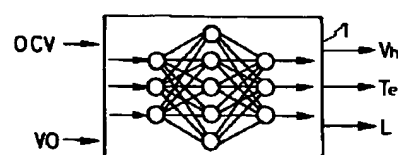
【図8】第五実施例の電池状態判定装置を示すブロック図である。

【符号の説明】

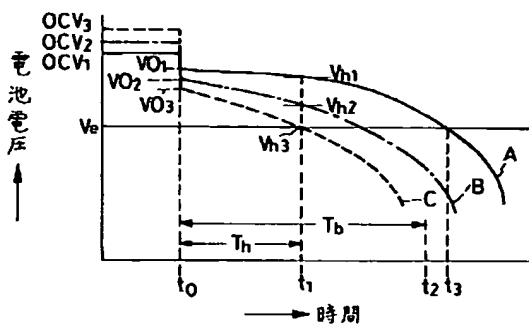
1 ニューラルネットワーク

2 二次電池

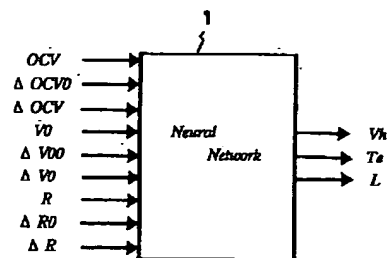
【図3】



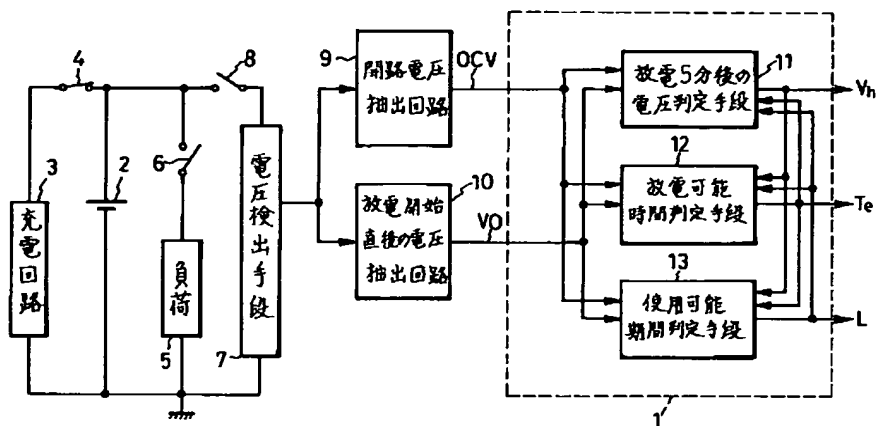
【図1】



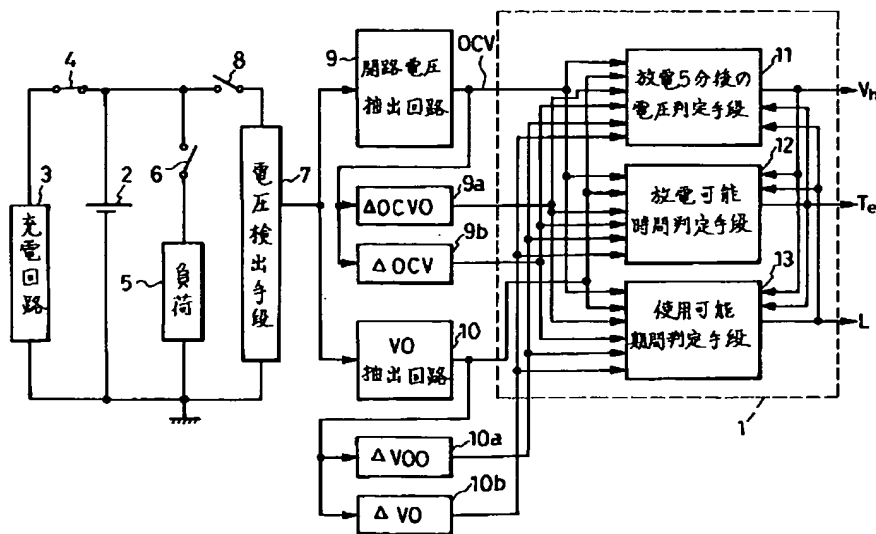
【図7】



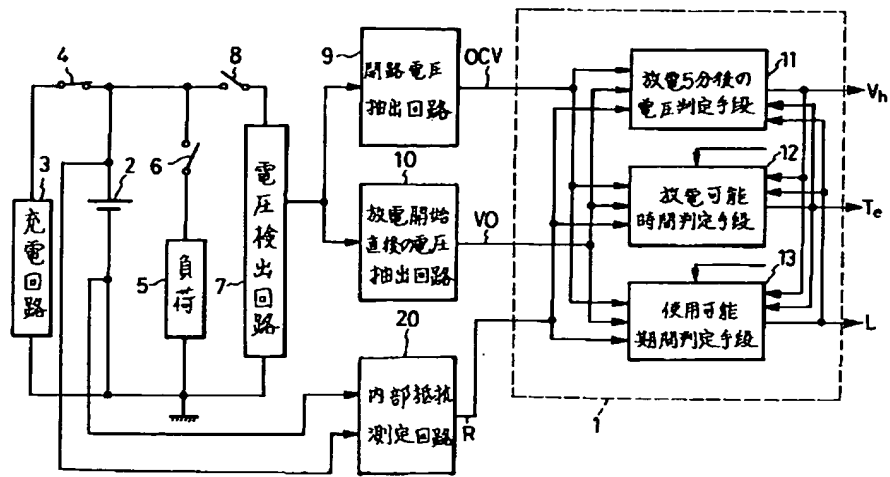
【図4】



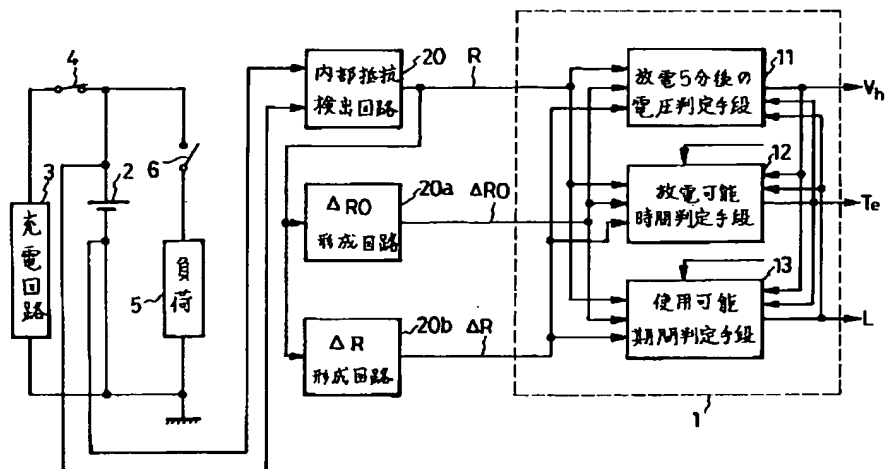
【図5】



【図6】



【図8】



PAT-NO: JP409243716A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09243716 A

TITLE: METHOD OF JUDGING STATE OF SECONDARY BATTERY

PUBN-DATE: September 19, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TSUCHIDE, YASUHIKO

FUJINO, YUJI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SANKEN ELECTRIC CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP08080716

APPL-DATE: March 8, 1996

INT-CL (IPC): G01R031/36

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for quickly and precisely judging the life and usable capacity of a secondary battery.

SOLUTION: An open circuit voltage OCV and voltage VO just after discharge start of a learning secondary battery are measured in a plurality of points of elapsed time of use, and the voltage Vh and capacity Te after five-minute discharge of the secondary battery are also measured. The life L of the learning secondary battery is determined, and the residual life L in each point of elapsed time of use is determined by calculation. The OCV, VO, Vh, Te, L are given to a neural network 1 to make the neural network 1 learn. The OVC, VO of a secondary battery to be judged are inputted to the neural

network 1
after learning to judge Vh, Te, L.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO